

Henryk BUCZEK, Piotr STRZAŁKOWSKI
Politechnika Śląska, Gliwice

WPLYW WARUNKÓW GEOLOGICZNYCH I GRUNTOWYCH NA USZKODZENIA OBIEKTU NA TERENIE GÓRNICZYM

Streszczenie. W niniejszej pracy, tytułem przykładu, przedstawiono analizę oddziaływania wielu czynników na obiekt zlokalizowany na terenie górniczym. Jak wynika z dokonanych analiz, ogromny wpływ na zaobserwowane uszkodzenia obiektu miały warunki gruntowe i hydrogeologiczne. Należy również przypuszczać, że przy mniej sprzyjającej budowie geologicznej górotworu mogłoby nastąpić (za pośrednictwem uskoku) dodatkowe odwodnienie górotworu, a w dalszej konsekwencji poważne uszkodzenia obiektu.

DAMAGE OF OBJECT ON MINING AREA UNDER INFLUENCE OF GEOLOGICAL AND SOIL CONDITION

Summary. In present work, were shown the analysis of influences of many factors for object situated on mining area. On the basis of analysis results, we can say, huge influences on observed damages of object are bringing about soil and hydrogeological conditions. There is possible to suppose also, with less favorable geological building of rock mass, it could be happen (by mediation of leap) the additional dehydration of rock mass and in consequence the serious damages of object.

1. Wprowadzenie

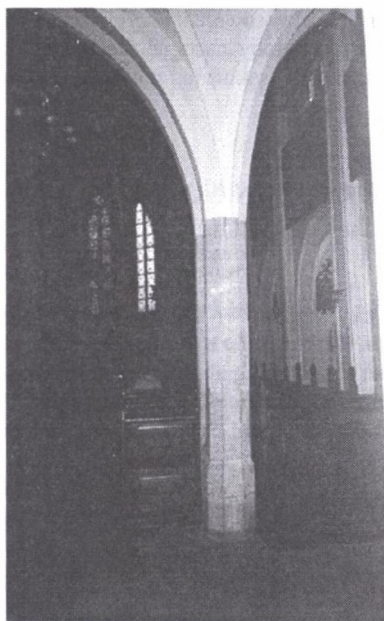
Wpływ poszczególnych wskaźników deformacji na obiekty budowlane w zależności od ich konstrukcji jest powszechnie znany. Oceniając jednak, czy dany obiekt może „przenieść” bez uszkodzeń deformacje podłoża, należy oprócz prostego porównania prognozowanej kategorii terenu górniczego z kategorią odporności obiektu, analizować cały szereg dodatkowych czynników w postaci lokalnych warunków gruntowych, geologicznych (m.in. tektonicznych i wodnych) [1]. Wpływ tych dodatkowych czynników jest szczególnie

znaczący w przypadku obiektów monumentalnych, o niskiej odporności na oddziaływanie robót górniczych.

Obiektem będącym przedmiotem zainteresowania w niniejszej pracy jest budynek kościoła w K. Obiekt ten w stylu neogotyckim, wybudowany został z piaskowca w latach 1862–1870. W budynku stwierdzono w latach 90. występowanie zarysowań murów:

- Na sklepieniu przy wejściu wewnątrz kościoła.
- Na sklepieniu nawy głównej wewnątrz kościoła.
- Przy sklepieniu okna wewnątrz kościoła.
- Na posadzce w prezbiterium.
- Na ścianie na zewnątrz kościoła.

W pierwszej połowie 2000 r. dokonano oględzin całego obiektu i stwierdzono powstanie w nim licznych nowych uszkodzeń, o podobnym charakterze jak poprzednie (fot. 1).



Fot. 1. Wnętrze kościoła. Widoczne spękania kolumny
Fig. 1. Interior of church. Visible cracked column

2. Morfologia i hydrografia terenu

Budynek kościoła położony jest na obszarze Wyżyny Śląskiej, w obrębie zespołu wzniesień skał karbońskich przebiegających ze wschodu na zachód, w południowej części

pradoliny rzeki Rawy [5]. Wody atmosferyczne spływają zgodnie z nachyleniem powierzchni terenu z kierunku S i N. Zwarta zabudowa śródmieścia, utwardzone nawierzchnie ulic i placów utrudniają infiltrację wody atmosferycznej w podłoże. Większość tych wód przejmowana i odprowadzana jest przez system kanalizacji miejskiej.

3. Zarys budowy geologicznej rejonu budynku kościoła

W skład budowy geologicznej rejonu lokalizacji budynku kościoła pw. Niepokalanego Poczęcia NMP w K. wchodzi utworzy: czwartorzędu, trzeciorzęd i karbonu.

Budynek kościoła znajduje się w obrębie pradoliny rzeki Rawy wypełnionej osadami czwartorzędowymi i holoceniowymi. Miąższość czwartorzędu w rejonie budynku kościoła wynosi ok. 50 m i powiększa się w kierunku aktualnie występującego koryta rzeki Rawy. Rozpoznanie litologiczne wykształcenia warstw czwartorzędu jest dobre, ponieważ opiera się na profilu piezometru B-3 (Kt) [B-148] znajdującego się w odległości ok. 15 m od budynku kościoła. Czwartorzęd jest pod względem litologicznym wykształcony w postaci nieciągłych, soczewkowo występujących warstw: żwiru, pospółki, piasku o różnej granulacji, piasku pylastego, namułu pylastego oraz grubej o 13,2 m miąższości, warstwy substancji organicznej, opisanej na profilu piezometru jako węgiel ziemisty (brunatny), a w rzeczywistości stanowiącej warstwę gruntu torfowego. Węgla brunatne nie występują w czwartorzędzie. Są one wiekowo starsze, powstały w triasie i trzeciorzędzie. Czwartorzęd zawiera wyłącznie torfy. Profil piezometru wykazuje, że od powierzchni terenu do głębokości 1,3 m występuje grunt nasypowy – gleba z okruchami piaskowca. Litologicznie wykształcenie osadów pod obrysem fundamentowym budynku kościoła może się nieco różnić od profilu warstw stwierdzonego w piezometrze B-3 (Kt). Sedymentacja osadów w rozlewiskach rzeki Rawy była bardzo zróżnicowana, tym samym zmienność występowania litologicznie różniących się osadów na niewielkich odległościach ma swoje uzasadnienie.

Karbon, który występuje w rejonie budynku kościoła obejmuje osady warstw: dolnoorzeskich, rudzkich, siódłowych i brzeźnych. Pod względem litologicznym karbon wykształcony jest w postaci naprzemianległe występujących warstw: iłowców, mułowców, piaskowców oraz pokładów węgla kamiennego. W ogólnym profilu warstw poszczególne ogniwa stratygraficzne karbonu różnią się pomiędzy sobą ilościowym występowaniem piaskowców. W warstwach orzeskich, do głębokości występowania pokładu 364 (tj. do głębokości ok. 70 m od stropu karbonu), zaznacza się przewaga iłowców i mułowców nad

piaskowcami (ok. 80 %). Warstwy rudzkie wykształcone są w postaci dwóch litologicznie różniących się kompleksów skalnych. Górna część warstw rudzkich, podobnie jak warstwy dolnorudzkie, wykształcona jest w przewadze iłowców i mułowców. Udział piaskowców w ogólnym profilu warstw górnorudzkich nie przekracza 35 %. Dolny kompleks warstw rudzkich, do stropu pokładu 501 wykształcony jest w przewadze piaskowców. Warstwy siodłowe charakteryzują się podobnym litologicznym wykształceniem. Całkowita miąższość warstw dolno-rudzkich i siodłowych pod budynkiem kościoła wynosi 230 m, w tym miąższość ławic piaskowców wynosi 170 m, co stanowi 73 % ogólnego profilu warstw. Budynek kościoła położony jest pomiędzy wychodniami pokładów 349 i 354.

W odległości 360 m w kierunku na N w stropie karbonu odsłania się szczelina uskoku Wojciech. Kierunek przebiegu uskoku Wojciech jest SW-NE, a zrzut warstw 145–60 m następuje w kierunku SE. Budynek kościoła położony jest na zrzuconym, leżącym skrzydle uskoku Wojciech.

Kierunek rozciągłości warstw karbońskich zbliżony jest do W-E, a upad warstw pod kątem do 10° następuje w kierunku południowym.

4. Zawodnienie górotworu

Każda formacja geologiczna, która wchodzi w skład budowy geologicznej rejonu lokalizacji budynku kościoła tworzy oddzielne piętro wodonośne. W piętrze wodonośnym czwartorzędu zawodnione są piaski, żwiry, namuły rzeczne oraz grunty organiczne. Zawodnienie czwartorzędu rozpoznane zostało w piezometrze B-3 (Kt) [B-148], który w 1974 r. odwiercony został w pobliżu budynku kościoła. Pomiary głębokości występowania zwierciadła wody wykazują, że w okresie od 21.11.1986 r. do 4.01.1991 r. zwierciadło wody występowało na głębokości od 4,45 m (5.08.1988 r.) do 4,93 r. (11.06.1990 r.). Od dnia 7.02.1991 r. do ostatniego pomiaru wykonanego dnia 30.10.2002 r. zwierciadło wody występuje na głębokości co najmniej 1 m wyżej w stosunku do wcześniejszych pomiarów. Zmniejszenie głębokości występowania zwierciadła wody wskazuje na pozorne podniesienie lustra wody w gruncie, wywołane obniżeniem terenu w wyniku przeprowadzonej eksploatacji górniczej.

W karbonie zawodnione są ławice piaskowców. Stopień zawodnienia ławic piaskowców zmniejszył się w porównaniu do ich zawodnienia sprzed rozpoczęcia eksploatacji górniczej, ponieważ zasoby wód statycznych zostały w znacznym stopniu zdrenowane na skutek

prowadzonych robót górniczych. Przyjąć należy, że szczelina uskoku Wojciech jest wypełniona materiałem nieprzepuszczalnym i nie przewodzi wody. Świadczą o tym wyrobiska górnicze, które w pokładach 504 i 510 doprowadzone zostały do szczeliny uskokowej i nie zostały zalane. Wyrobiska górnicze są aktualnie niedostępne i nie ma możliwości sprawdzenia, w jakim stopniu są one zawodnione. Po 1994 r. nie było możliwości dokonania pomiarów dopływu wody z rejonu lokalizacji budynku kościoła, na podstawie których można by ustalić, czy dopływ wody powiększył się. Wnioskować należy, że ilość dopływającej wody do wyrobisk górniczych nie powinna się powiększyć, ponieważ piezometr B-3 (Kt) nie wykazuje ubytku wody. Można zatem przyjąć, że iłowce warstw dolnorudzkich i górnorudzkich osiadając ugięły się, nie są spękane i spełniają rolę warstw izolujących, szczególnie oddzielających poziom wodonośny czwartorzędu od karbonu.

5. Wstrząsy górnicze

Wartości przyspieszeń drgań gruntu obliczono korzystając ze [2]:

$$a = [1,33 \cdot 10^{-3} \cdot (\log E)^{2,66} - 0,089] \cdot [1,53 \cdot R^{0,155} \cdot \exp(-0,065 \cdot R) + 0,014] \quad (1)$$

gdzie:

a – przyspieszenie drgań, m/s^2 ,

$$R = \sqrt{D^2 + 0,5^2},$$

D – odległość epicentralna, km,

E – energia wstrząsu, J.

Obliczone w ten sposób wartości przyspieszeń dotyczą skał karbońskich. Skały nadkładu powodują zmiany wartości przyspieszeń, co uwzględnia się mnożąc otrzymane ze wzoru wartości przez tzw. współczynnik amplifikacji, którego wartość dla rozpatrywanych warunków wynosi $k = 1,8$. Wartości przyspieszeń a określone ze wzoru pomnożone przez wartość k dają zatem wartości przyspieszeń drgań powierzchni terenu – a_{amp} . Zestawienie wstrząsów o energiach powyżej 10^6 J oraz obliczone za pomocą wzoru (1) wartości przyspieszeń podano w tabelicy 1.

Tablica 1

Zestawienie wstrząsów i przyspieszeń drgań

Lp.	Data	E [J]	R [km]	a [mm/s ²]	a_{mpt} [mm/s ²]
1	01.04.90	1 000 000	0,920	56,7704	102,187
2	06.01.93	1 000 000	1,800	35,9055	64,630
3	21.01.93	1 000 000	1,670	38,5489	69,388
4	19.05.93	7 000 000	1,530	82,1398	147,852
5	14.12.93	2 000 000	1,860	45,9678	82,742
6	28.01.95	3 000 000	1,670	58,7715	105,789
7	15.08.95	4 000 000	1,470	71,8289	129,292
8	25.02.96	2 000 000	1,540	54,7203	98,496

Z tablicy 1 wynika, że maksymalne przyspieszenia drgań nie przekroczyły wartości 150 mm/s². Mieszczą się one zatem w przedziale V stopnia intensywności skali MSK i określane są jako „dość silne”. Budynek kościoła zaliczyć należy do grupy „B”, w którym drgania o przyspieszeniach 148 mm/s² nie mogły wywołać uszkodzeń. Zaznaczyć należy, że po dacie 14.12.1993 r. wystąpiły tylko 3 wstrząsy o energii rzędu 10⁶ J, które wywołały przyspieszenia drgań wynoszące 98–129 mm/s². Należy zatem wykluczyć wpływ wstrząsów na uszkodzenia budynku kościoła.

6. Dokonana eksploatacja górnicza

W rejonie budynku kościoła prowadzona była intensywna eksploatacja górnicza od okresu przed I wojną światową. Najważniejsze informacje o dokonanej eksploatacji przedstawiono w tablicy 2.

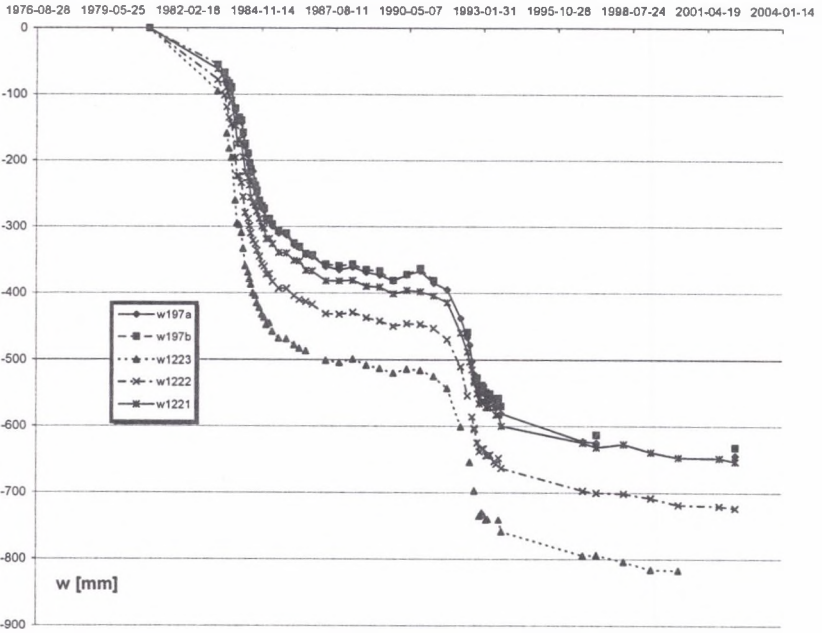
Tablica 2

Podstawowe dane o dokonanej eksploatacji górniczej

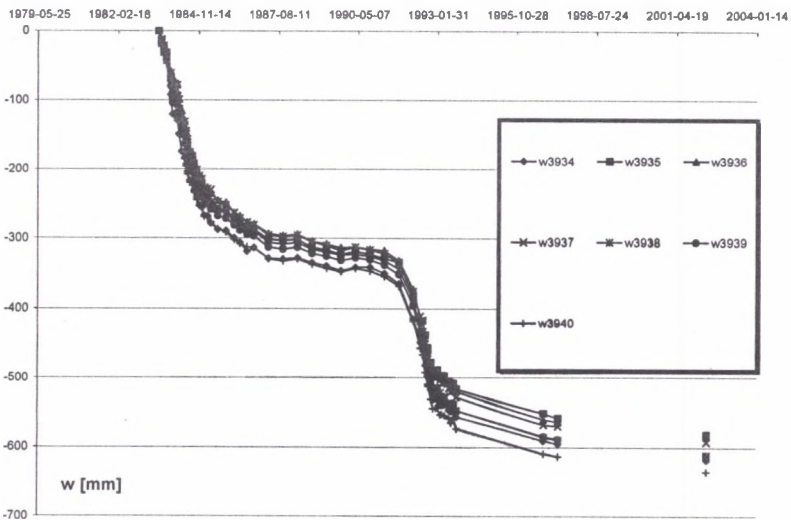
Pokład	Rok eksploatacji	Głębokość zalegania [m]	Miąższość pokładu [m]	System eksploatacji	Odległość od obiektu [m]
404/5	1912	250	2,00	Zabierkowy z zawatem stropu	390
405 ściana 318	1984	240	2,90	Ścianowy z podsadzką hydrauliczną	65
407/1	1967	240	2,03	Ścianowy z podsadzką hydrauliczną	0
407/1	1992	270	2,00	Ścianowy z podsadzką hydrauliczną	50
416	1941	470	2,10–2,45	Ścianowy z podsadzką hydrauliczną	220
501 ściana 524	1983	510	3,42	Ścianowy z podsadzką hydrauliczną	0
501 ściana 301	1992	400	2,64	Ścianowy z podsadzką hydrauliczną	200
504 ściana 512	1976	510	2,91	Ścianowy z podsadzką hydrauliczną	0
504 ściana 401	1983	400	2,40	Ścianowy z podsadzką hydrauliczną	180
510 ściana 519	1992	535	2,55	Ścianowy z podsadzką hydrauliczną	0
510 ściana 401	1976	410	2,58	Ścianowy z podsadzką hydrauliczną	175

6.1. Wpływ eksploatacji górniczej na powierzchnię terenu w świetle wyników pomiarów

Kopalnia zastabilizowała 12 reperów ściennych na budynku kościoła, na których prowadzone są okresowo pomiary niwelacyjne. Wyniki pomiarów zilustrowano wykresami przedstawiającymi przebieg osiadania punktów czasie – rys. 1 i 2.



Rys. 1. Przebieg osiadania w czasie reperów zastabilizowanych na ścianach budynku kościoła
 Fig. 1. Course of subsidence in time of bench – mark fixed on the wall of church building



Rys. 2. Przebieg osiadania w czasie reperów zastabilizowanych na ścianach budynku kościoła
 Fig. 2. Course of subsidence in time of bench – mark fixed on the wall of church building

Analizując osiadania rozpatrywanych punktów należy zauważyć, co następuje:

- Całkowite osiadanie powierzchni terenu w okresie od 1980 r. do 2002 r. wyniosło od ok. 0,6 m do ok. 0,7 m.
- Wystąpiły dwa okresy uspokojenia się ruchów górotworu. Pierwszy z nich wystąpił w kwietniu 1987 r. Po tej dacie następowały nieznaczne przyrosty osiadania w czasie do kwietnia 1991 r., po czym odnotowano kolejne ruchy, które trwały do października 1996 r., kiedy to odnotowano kolejny zanik osiadania.

Mając na uwadze powyższe można wyróżnić trzy okresy związane z intensywnością osiadania powierzchni terenu:

1. Od października 1980 r. do kwietnia 1991 r., który związany był z eksploatacją pokładów: 405, 407/1, 504 i 510.
2. Od 4.1991 r. do 10.1996 r., który związany był z eksploatacją pokładów: 407/1, 501 i 510.
3. Obejmujący okres od 10.1996 r. do 5.2002 r.

W pierwszym okresie największe osiadanie powierzchni wynoszące 0,525 m wystąpiło w punkcie 1223, a najmniejsze wynoszące 0,317 m wystąpiło w punkcie 3936.

W drugim okresie największe osiadanie wynoszące 0,267 m wystąpiło w punkcie 1223, a najmniejsze wynoszące 0,221 m wystąpiło w punkcie 1221.

W okresie trzecim wystąpiły osiadania wynoszące maksymalnie 0,031 m w punkcie 3935, a najmniejsze wynoszące 0,019 m w punkcie 28. W okresie 6 lat osiadanie wyniosło zatem maksymalnie 31 mm, czyli średnio 5 mm/rok. Można zatem uznać, że teren był górniczo uspokojony.

6.2. Wpływ eksploatacji na powierzchnię terenu w świetle wyników obliczeń

Obliczeń dokonano przy zastosowaniu programu komputerowego pozwalającego na uwzględnianie dowolnego kształtu wybranego pola pokładu. Program ten bazuje na wzorach teorii W. Budryka-S. Knothego i został opracowany przez R. Ściągłę i P. Strzałkowskiego [6].

Do obliczeń przyjęto następujące wartości parametrów:

- Współczynnik kierowania stropem dla podsadki hydraulicznej $a = 0,2$,
- Tangens kąta zasięgu wpływów głównych $tg\beta = 1,6$.

W obliczeniach uwzględniano eksploatację górnictwem prowadzoną od 1980 r. Podstawowe dane o tej eksploatacji zamieszczono w tablicy 4.

Tablica 4

Podstawowe dane o eksploatacji górniczej uwzględnionej w obliczeniach

Pokł.	nr par.	rok	H [m]	g [m]	kąt up. [st]	a	$tg\beta$
405	1	1984	260	3,00	3,0	0,20	1,60
4071	2	1992	290	1,90	3,0	0,20	1,60
	3	1991	300	1,80	3,0	0,20	1,60
501	4	1983	530	3,42	3,0	0,20	1,60
	5	1983	530	3,45	3,0	0,20	1,60
	6	1984	530	3,42	3,0	0,20	1,60
	7	1983	520	3,45	3,0	0,20	1,60
	8	1993	390	2,50	9,0	0,20	1,60
	9	1993	390	2,50	9,0	0,20	1,60
504	10	1984	380	2,50	9,0	0,20	1,60
	11	1985	380	2,50	9,0	0,20	1,60
510	12	1992	560	2,60	8,0	0,20	1,60

Objaśnienia do tabel:

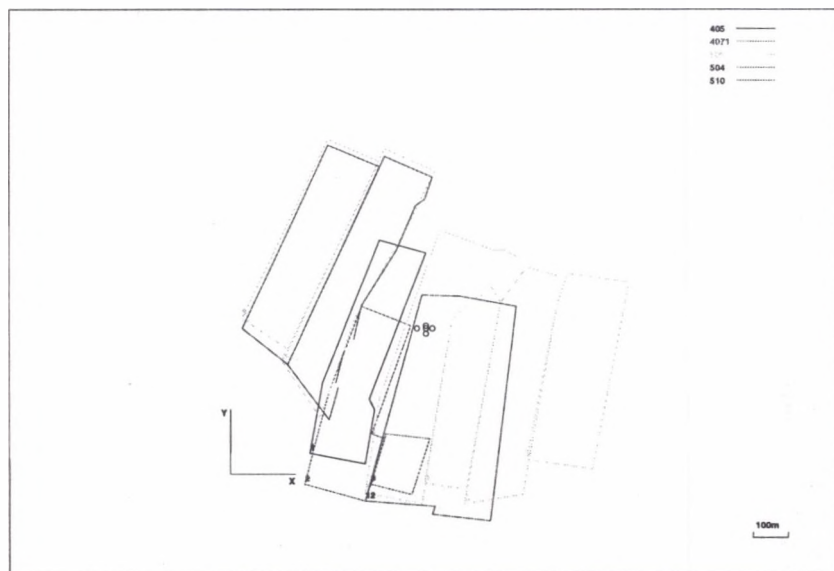
rok – czas eksploatacji

 H – głębokość eksploatacji g – grubość wybierania pokładu

kąt up. – kąt upadu pokładu w rejonie parceli

 a – współczynnik eksploatacji $tg\beta$ – tangens kąta zasięgu wpływów głównych

Schematyczne rozmieszczenie wybieranych pól względem budynku kościoła pokazano rys. 3.



Rys. 3. Rozmieszczenie wyeksploatowanych pól względem obiektu
 Fig. 3. Distribution of exploitation field relative to object

W tabelicy 5 podano obliczone wartości wskaźników deformacji.

Tabela 5

Obliczone wartości wskaźników deformacji

Pkt	W [mm]	T_{\max} [mm/m]	E_{\max} [mm/m]	K_{ekstr} [1/km]
1	-799,4	1,87	2,54	-0,047
2	-789,4	1,29	1,72	-0,039
3	-765	1,46	1,14	-0,03
4	-758,8	1,45	2,05	-0,042
5	-771,1	1,39	1,92	-0,041

Gdzie:

W – osiadanie, T_{\max} – nachylenie maksymalne,

E_{\max} – odkształcenie poziome maksymalne,

K_{ekstr} – krzywizna pionowa ekstremalna.

Jak widać z tabelicy 5 osiadania punktów obliczeniowych przyjętych na obiekcie wyniosły od ok. 0,78 m do ok. 0,8 m, nachylenia mieściły się w przedziale I kategorii, a odkształcenia w przedziale II kategorii. Uzyskano przy tym z grubsza zgodność wartości obliczonych osiadań z uzyskanymi z pomiarów.

7. Wpływ czynników gruntowych na deformacje podłoża

Bardzo ważną rolę w nierównomiernym osiadaniu budynku kościoła odgrywa grunt, na którym obiekt został posadowiony [3, 4]. Piezometr B-3 (Kt) wykazuje, że na głębokości 13,5–26,7 m występuje warstwa gruntu organicznego, tj. gruntu torfowego. Akumulacja osadu organicznego nastąpiła po ustąpieniu lądolodu w okresie wypełniania pradoliny rzeki Rawy utworami aluwialnymi. Na obszarze szerokich rozlewisk i stagnacji wody następowała sedymentacja osadów charakteryzujących się najmniejszym uziarnieniem w postaci piasków pylastych oraz namulów, z reguły zawierających substancje organiczne. Na obrzeżach pradoliny tworzyły się grunty torfowe. Wynik tej akumulacji obrazuje profil piezometru B-3 (Kt). Grunty obciążone budowlą ulegają odkształceniom. Ziarna i agregaty mineralne, które tworzą konstrukcję szkieletu mineralnego gruntu podlegają nie tylko ścisaniu, ale także rozciąganiu, zginaniu i ścinaniu. Szczególnie małą wytrzymałością charakteryzują się grunty

organiczne. W zależności od zawartości substancji organicznej namuły i grunty torfowe różnią się konsystencją, spójnością, kątem tarcia wewnętrznego i wodoprzepuszczalnością. Wspólną cechą tych gruntów jest ich duża ściśliwość i z tego względu są one nieprzydatne jako grunty budowlane. St. Hückel [3] podaje, że jeśli namuły i torfy zalegają na głębokości, co najmniej 3–5 m i nie są grubsze od 0,5 do 1 m, mogą być obciążane budowlą, a dopuszczalne obciążenia nie powinny przekraczać $0,3 \text{ kG/cm}^2$. Grunt pod budynkiem kościoła przejmuje znacznie większe obciążenia.

Podkreślić należy, że w obrębie pradoliny rzeki Rawy rozprzestrzenienie litologiczne różniących się gruntów jest bardzo duże. Nie można zatem wykluczyć również występowania substancji organicznych w piaskach pylastych i namułach. W związku z tym, należy przyjąć, że zaistniałe zmiany warunków wodnych przyczyniły się do osłabienia nośności gruntu, z którym wiązać można niewielkie obniżenia powierzchni, stwierdzone pomiarami po 1996 r.

Występowaniu łożyców karbońskich warstw orzeskich i górnorudzkich zawdzięczać należy, że zawadniona warstwa gruntu torfowego o miąższości 13,2 m nie została osuszona. Osuszenie tej warstwy mogłoby się okazać dla budynku kościoła katastrofalne w skutkach.

8. Wnioski końcowe

Przeprowadzona analiza dokumentów mierniczo-geologicznych odnoszących się do rozpatrywanego budynku kościoła pozwala na sformułowanie następujących wniosków:

1. Budynek kościoła położony jest w pradolinie rzeki Rawy, która wypełniona jest osadami dyluwialnymi zawierającymi słabo nośne grunty organiczne. Bezpośrednio pod budynkiem kościoła i w jego rejonie prowadzona była eksploatacja górnicza w pokładach: 405, 407/1, 501, 510 systemem ścianowym z podszadką hydrauliczną. Wyniki pomiarów wskazują, że powierzchnia terenu w obrębie budynku kościoła obniżyła się w sposób nierównomierny od 0,582 m do 0,817 m. Wyniki obliczeń wskazują na wystąpienie osiadań o podobnych wartościach oraz nachylen z przedziału I kategorii i odkształceń poziomych z przedziału II kategorii. Od 1996 r. teren praktycznie nie podlega osiadaniu.
2. Na powstanie uszkodzeń wpływ miała zmiana warunków wodnych w postaci pozornego podniesienia zwierciadła wody w gruncie o ponad 1 m oraz zmiana nośności gruntu wynikająca ze zmian warunków wodnych i być może poeksploatacyjnych deformacji

powierzchni terenu. Występowanie łożców karbońskich oraz wypełnienie szczeliny uskoku materiałem nieprzepuszczalnym uchroniło obiekt przed uszkodzeniami o większych rozmiarach, a może nawet przed całkowitym zniszczeniem.

LITERATURA

1. Chudek M.: Geomechanika z podstawami ochrony środowiska górniczego i powierzchni terenu. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice 2002.
2. Dubiński J., Mutke G.: Oddziaływanie górniczych wstrząsów górotworu na powierzchnię. Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej. 1/1992.
3. Hückel St.: Zarys fundamentowania dla geologów. Wyd. Geologiczne. Warszawa 1957.
4. Kowalski W.C.: Geologia inżynierska. Wyd. Geologiczne. Warszawa 1988.
5. Praca zbiorowa. Górny Śląsk – prace i materiały geograficzne. Wyd. Literackie. Kraków 1995.
6. Ścigała R., Strzałkowski P.: Software for predictions of underground mining influences on the land surface and rock mass. Międzynarodowa Konferencja Geotechnika 2000. Słowacja. Tatry Wysokie, październik 2000.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Jerzy Kwiatek